

東京大学大学院工学系研究科 電気工学・電子工学専攻 入試
平成 18 年 物理 第 4 問

(1)

(1-1)

非反転入力端子の電位が 0、反転入力端子の電位が Δv であるから、

$$v_{out} = A(0 - \Delta v) = -A\Delta v$$
$$\therefore \Delta v = -\frac{v_{out}}{A}$$

オペアンプの入力インピーダンスは無限大であるから、抵抗 R_1 と抵抗 R_2 に流れる電流は等しい。

$$\frac{v_{in} - \Delta v}{R_1} = \frac{\Delta v - v_{out}}{R_2}$$
$$\therefore v_{out} = -\frac{AR_2}{(1+A)R_1 + R_2}v_{in}$$

(1-2)

(1-1) より、

$$\Delta v = -\frac{v_{out}}{A} = \frac{R_2}{(1+A)R_1 + R_2}v_{in}$$

(1-3)

$$G = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{AR_2}{(1+A)R_1 + R_2} \xrightarrow{A \rightarrow \infty} -\frac{R_2}{R_1}$$
$$\Delta v = \frac{R_2}{(1+A)R_1 + R_2}v_{in} \xrightarrow{A \rightarrow \infty} 0$$

理想的なオペアンプ

理想的なオペアンプは増幅率が無限大である。このときの反転増幅率と仮想接地を示している。
理想的なオペアンプが有する特性は以下である。

- 差動電圧利得: ∞
- 同窓電圧利得:0
- 入力インピーダンス: ∞
- 出力インピーダンス:0
- 入力オフセット電圧:0
- 周波数特性:全ての帯域で一定
- スルーレート: ∞

(2)

(2-1)

(1)の結果から、オペアンプの二つの入力端子の電位は等しく、これを v_x とおく。オペアンプの入力インピーダンスは無有限大であるから、反転入力端子側の抵抗 R_1 と抵抗 R_2 に流れる電流は等しい。

$$\frac{v_x - v_a}{R_1} = \frac{v_{out} - v_x}{R_2}$$

同様に、非反転入力端子側の抵抗 R_1 と抵抗 R_2 に流れる電流も等しく、

$$\frac{v_x}{R_2} = \frac{v_b - v_x}{R_1}$$

この2式から、 v_x を消去すると、

$$v_{out} = \frac{R_2}{R_1}(v_b - v_a)$$

減算器

オペアンプを用いた典型的な減算器である。

(2-2)

図4の v_a と v_b を代入すると、

$$v_{out} = \frac{R_1}{R_2}(b - a)$$

(グラフ略)

(3)

(3-1)

コンデンサの両端にかかる電圧を v_C 、コンデンサに流れる電流を I とすると、

$$v_C = \frac{1}{C} \int Idt$$

$$v_{out} = v_C$$

$$v_{in} = -RI$$

以上の3式から、 v_C と I を消去すると、

$$v_{out} = -\frac{1}{CR} \int v_{in} dt$$

積分器

オペアンプを用いた典型的な積分器である。

コンデンサの性質

$$v_C = \frac{1}{C} \int Idt$$

電流と電圧には方向があるので、確認しておく。電流がコンデンサに流れ込む側が高電位、電流がコンデンサから流れ出す側が低電位である。

(3-2)

$0 \leq t \leq T$ において、

$$v_{in} = \frac{P}{T}t$$

であるから、

$$v_{out} = -\frac{1}{CR} \int_0^t \frac{P}{T} \tau d\tau = -\frac{P}{2TCR} t^2$$

$T \leq t \leq 2T$ において、

$$v_{in} = -\frac{P}{T}t + 2P$$

であるから、

$$v_{out} = \frac{P}{2TCR} (t - 2T)^2 - \frac{PT}{CR}$$

$2T \leq t$ において、

$$v_{in} = 0$$

であるから、

$$v_{out} = -\frac{PT}{CR}$$

まとめると、

$$v_{out} = \begin{cases} -\frac{P}{2TCR} t^2 & ; 0 \leq t \leq T \\ \frac{P}{2TCR} (t - 2T)^2 - \frac{PT}{CR} & ; T \leq t \leq 2T \\ -\frac{PT}{CR} & ; 2T \leq t \end{cases}$$

これをグラフに示せば良い。(グラフ略)

オペアンプによる演算回路

参考程度に。

- 入力素子:R、帰還素子:R → 定数倍、加算、減算
- 入力素子:R、帰還素子:C → 積分
- 入力素子:C、帰還素子:R → 微分
- 入力素子:R、帰還素子:BJT → 対数
- 入力素子:BJT、帰還素子:R → 逆対数